

УДК 681.7.013.8

Р.А. Пашков, студент гр. ПО-81мп, к.ф.-м.н. Балахонова Н.О.
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЯКОСТІ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ШУМІВ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КАНАЛУ ОГЛЯДОВИХ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

Анотація. Аналіз ефективності застосування фільтрів для усунення шумів зображень, сформованих у телевізійному каналі оглядових оптико-електронних пристроїв зазвичай проводиться за допомогою статистичних метрик -середньоквадратичної помилки (MSE) та пікове співвідношення сигнал/шум (PSNR). Для повної картини роботи фільтрів пропонується додати метрики SSIM (індекс структурної збіжності) та CC (нормалізовану кореляцію)

Ключові слова: тепловізор, цифрова обробка зображення, метрики MSE, PSNR, SSIM, CC.

ВСТУП

Тепловізійне зображення [1-2] формується завдяки випромінюванню об'єкта в інфрачервоній області спектра електромагнітних хвиль. Принцип роботи тепловізора заснований на різниці температури поверхні різних тіл, відмінності у коефіцієнтах відбивання або поглинання інфрачервоного випромінювання різними матеріалами. Нерівномірність нагріву поверхні дозволяє формувати картину розподілу температури на ній. При цьому можна обрати різні типи відтворення зображення – воно може бути монохромним, або кольоровим – коли співставляють певний колір на дисплеї з конкретною температурою. Перетворення інфрачервоного зображення в електричний телевізійний сигнал супроводжується втратами корисного сигналу та його спотворенням. Це відбувається внаслідок таких факторів, як [1-2]:

- технологічні похибки - виникають під час виготовлення тепловізійного датчика;
- виникнення імпульсних шумів електричних складових пристрою під час передачі сигналу;
- низька контрастність досліджуваних об'єктів, порівняно з приладами спостереження видимого діапазону.

Для усунення недоліків, перерахованих вище, використовують фільтрацію шумів зображень тепловізійного каналу оглядових оптико-електронних пристроїв. Але разом із фільтрацією постає питання стосовно критеріїв ефективності роботи фільтрів. Тому аналіз існуючих критеріїв ефективності фільтрації шумів двовимірних монохромних зображень є актуальним.

МЕТРИКИ ЯКОСТІ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Оскільки зображення, що формується в тепловізійного каналу оглядових оптико-електронних пристроїв є монохромним, його можна відобразити за допомогою двовимірної матриці інтенсивностей $S(x_i, y_j)$. Для тестування роботи знешумлюючих фільтрів створюється тестове ідеальне зображення [2-3] $S_0(x_i, y_j)$ і формуються спотворенні зображення $S(x_i, y_j)$. Враховуючи випадковість виникнення шуму, якість цифрових зображень оцінюється стандартними статистичними характеристиками випадкової величини.

Основною величиною, яка може оцінити різницю між двома наборами даних, є дисперсія - MSE – середньоквадратична помилка (Mean Square Error):

$$MSE(x_i, y_i) = \frac{1}{N_x \cdot N_y} \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \left(S(x_i, y_j) - S_0(x_i, y_j) \right)^2, \quad (1)$$

де $S(x_i, y_j)$ – зображення із шумом, $S_0(x_i, y_j)$ – ідеальне зображення із пікселями x_i, y_j . Нульове значення середньоквадратичної помилки означає повний збіг зображень $S(x_i, y_j)$ та $S_0(x_i, y_j)$. Зі зростанням відмінностей між $S(x_i, y_j)$ та $S_0(x_i, y_j)$ значення MSE зростає.

Другою величиною, яка може дати відомості стосовно відмінності між двома наборами даних є PSNR – пікове співвідношення сигнал/шум (Peak Signal-to-Noise Ratio), яке визначається формулою:

$$PSNR(x_i, y_j) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX(S_{i,j})^2}{MSE} \right), \quad (2)$$

де $MAX(S_{i,j})$ – різниця між максимально можливим і мінімально можливим значеннями пікселів, що для розрядності 8-м біт приймає значення 255:

$$PSNR(x_i, y_j) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right), \quad (3)$$

Метрика $PSNR(x_i, y_i)$ вимірюється у ДБ і чим ближче відфільтроване зображення до оригіналу, тим більше значення приймає метрика PSNR, і тим вище вважається якість відфільтрованого зображення.

Індекс структурної збіжності – SSIM (Structural Similarity) приймає значення від 0 (незбіжність) до 1 (повна збіжність) [5]:

$$SSIM(x_i, y_i) = \frac{(2\mu_x \mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)}, \quad (4)$$

де μ_x, μ_y , – математичні сподівання - для зображень x та y мають сутність середньої інтенсивності зображення

$$\mu_x = \frac{1}{N_x} \sum_{i=1}^{N_x} x_i, \quad (5)$$

N_x – загальне число пікселів у зображенні;

x_i – значення інтенсивності i -го пікселя;

σ_x^2, σ_y^2 – дисперсія, що для зображень має сутність контрастності;

σ_{xy} – коваріація x і y :

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{N_x - 1} \sum_{i=1}^{N_x} (x_i - \mu_x)(y_i - \mu_y), \quad (6)$$

та $c_1 = (L \cdot k_1)^2$, $c_2 = (L \cdot k_2)^2$ — динамічний діапазон значень пікселів, де константи $k_1 = 0.01$ та $k_2 = 0.01$, а $L = 2^p$, де p - кількість біт на піксель. Як правило, метрика SSIM розраховується на вікно зображення розміром 8×8

пікселів і значення +1 має тільки при повній автентичності зображень – ідеального та з шумом.

Для аналізу даної метрики всього зображення, як цілого, будемо застосовувати метрику, позначену нами як MSSIM - середнє арифметичне від всіх значень SSIM для всіх вікон з 8×8 пікселів.

Розбіжність між двома величинами дає нормалізована кореляція — CC, що приймає значення від 0 (розбіжність) до 1 (повний збіг матриць) [5]:

$$CC = \sigma_x \sigma_y / \sigma_{xy}, \quad (7)$$

Таким чином, крім стандартних статистичних оцінок роботи фільтрів по видаленню шумів з двомірних зображень, пропонується розраховувати метрики SSIM, MSSIM та CC для визначення найкращої збіжності між тестовим та знешумленим зображеннями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Семёнов В. Цифровая обработка сигнала микроболометра // Современная электроника. — 2008. — № 3. — С. 44-47.
1. Колобродов В. Г. Проектування тепловізійних систем спостереження: підручник / В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт. — К.: НТУУ «КПІ», 2007. — 364 с.
2. Игнатьев В. Ю., Матвеев И.А., Мурынин А.Б., Трекин А.Н. Оценка качества изображений при повышении разрешения на основе пространственного спектрального синтеза // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2017. № 1. С. 124-141. 5
3. Гонсалес Р., Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс М.: Техносфера, 2006. 1072 с 6
4. Визильтер Ю. В. Проблемы технического зрения в современных авиационных системах // Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтов. Механика, управление и информатика. 2011. № 6. С. 11–44.